

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-319738

(43)Date of publication of application : 21.11.2000

(51)Int.Cl.

C22C 13/00
B23K 35/26
H01L 21/52
H01L 21/60
H05K 3/34
// H01L 23/12

(21)Application number : 11-121171

(71)Applicant : DELPHI TECHNOL INC

(22)Date of filing : 28.04.1999

(72)Inventor : SIN IEE
CURTIS WAYNE MELCHER
CARTER BRADLEY HOWARD

(54) LEAD-FREE TIN BASED SOLDER ALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To satisfactorily form the solder joint of a surface packing integrated circuit device by allowing it to have a specified compsn. contg. In, Ag and Cu, and the balance Sn with incidental impurities and allowing it to have a specified solidus temp., liquidus temp. and reflowing temp.

SOLUTION: This solder alloy is composed of, by weight, 7 to 11% In, 2.5 to 3.5% Ag and 0.5 to 1.5% Cu, and the balance Sn with incidental impurities. Then, the alloy has <200° C solidus and liquidus temp. and <240° C reflowing temp. Thus, solder paste contg. a suitable binder and this alloy is reflowed at 230 to 240° C to form a solder bump on a surface packing device, by which it is made adaptable to a laminated substrate integrating process using a solder joint of 63Sn-37Pb components. Then, by the 2nd reflowing operation, a solder joint exhibiting desirable mechanical strength at the temp. to 150° C at the highest can be formed.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-319738

(P2000-319738A)

(43) 公開日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
C 2 2 C 13/00		C 2 2 C 13/00	5 E 3 1 9
B 2 3 K 35/26	3 1 0	B 2 3 K 35/26	3 1 0 A 5 F 0 4 7
H 0 1 L 21/52		H 0 1 L 21/52	E
21/60		H 0 5 K 3/34	5 1 2 C
H 0 5 K 3/34	5 1 2	H 0 1 L 21/92	6 0 3 B

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-121171

(22) 出願日 平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71) 出願人 599023978

デルフィ・テクノロジーズ・インコーポレ
ーテッド

アメリカ合衆国ミシガン州48007, トロイ,
ビー・オー・ボックス 5052

(72) 発明者 シン・イェー

アメリカ合衆国インディアナ州46902, コ
コモ, シュガー・レーン 3704

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外 5 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鉛非含有の錫ベースはんだ合金

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、鉛非含有の錫ベース合金を提供する。

【解決手段】 表面実装集積回路デバイス (たとえばフリップチップ) のはんだジョイントを形成するのに適した鉛非含有はんだ合金。本発明のはんだ合金は、240℃以下の温度にて望ましいリフロー特性を達成するのに充分に低い液相線温度を有し、したがって集積回路プロセスに適合する。本発明のはんだ合金は、構成成分を積層基板に実装したときに、本発明のはんだ合金によって形成されたはんだジョイントが、最高150℃の適用温度にて適切な機械的特性を確実に示すよう、充分に高い固相線温度を有する。本発明のはんだ合金は一般に、約7～約11重量%のインジウム、約2.5～約3.5重量%の銀、約0.5～約1.5重量%の銅、および残部の錫と付随的な不純物を含有する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 7～11重量%のインジウム、2.5～3.5重量%の銀、0.5～1.5重量%の銅、および残部の錫と付随的な不純物からなり、200℃未満の固相線温度と液相線温度、および240℃未満のリフロー温度を有する、鉛非含有の錫ベースはんだ合金。

【請求項2】 前記はんだ合金が189℃の固相線温度と197℃の液相線温度を有する、請求項1記載のはんだ合金。

【請求項3】 前記はんだ合金が表面実装積層回路デバイス上のはんだバンプの形態をとっている、請求項1記載のはんだ合金。

【請求項4】 前記はんだ合金が、構成部品を積層基板に結びつけているはんだジョイントの形態をとっている、請求項1記載のはんだ合金。

【請求項5】 前記はんだ合金が、7～11重量%のインジウム、3.0～3.5重量%の銀、0.9～1.1重量%の銅、および残部の錫と付随的な不純物からなる、請求項1記載のはんだ合金。

【請求項6】 前記はんだ合金が、10%のインジウム、3.2重量%の銀、1.0重量%の銅、および残部の錫と付随的な不純物からなる、請求項1記載のはんだ合金。

【請求項7】 84～90重量%の錫、7～11重量%のインジウム、2.5～3.5重量%の銀、および0.5～1.5重量%の銅からなり、189℃の固相線温度と197℃の液相線温度を有する、鉛非含有の錫ベースはんだ合金。

【請求項8】 前記はんだ合金が表面実装積層回路デバイス上のはんだバンプの形態をとっている、請求項7記載のはんだ合金。

【請求項9】 前記はんだ合金が、構成部品を積層基板に結びつけているはんだジョイントの形態をとっている、請求項7記載のはんだ合金。

【請求項10】 前記はんだ合金が、84～90重量%の錫、7～11重量%のインジウム、3.0～3.5重量%の銀、および0.9～1.1重量%の銅からなる、請求項7記載のはんだ合金。

【請求項11】 前記はんだ合金が、10重量%のインジウム、3.25重量%の銀、1.0重量%の銅、および残部の錫からなる、請求項7記載のはんだ合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般には、エレクトロニックパッケージング（たとえばフリップチップパッケージング）の際に使用されるタイプの鉛非含有はんだ組成物に関する。さらに詳細には、本発明は、63Sn-37Pbリフロープロフィールと積層基板を使用する典型的な表面実装組成法に適合して、しかも150℃という最高IC接合温度を伴う用途での使用に適したリフロー温度特性を有するはんだ合金に関する。本発明の合金はさらに、63Sn-37Pbフリップチップバンプ合金（flip chip

bump alloy）と比較して改良された耐熱疲労性を示す。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 電子回路組成体は、自動車用途や航空宇宙用途において一般的に見受けられる動作環境も含めて、厳しい動作環境において正常に機能し続けることができるよう求められることが多い。このような組成体は、表面実装（SM）積層回路（IC）デバイスを使用することが多く、これらのデバイスは一般に、基板〔セラミック基板、積層基板、フレックス回路（flex circuit）、またはケイ素基板であつてよい〕の表面上の導体にはんだ付けされた多くの端子またはリード線により、電子回路組成体の基板に電気的・機械的に取り付けられていることを特徴とする。SM ICの代表的な例はフリップチップであり、チップの表面上に通常ははんだバンプ（solder bump）の形態をとっているビーズ状端子を有する。フリップチップのはんだバンプは一般に、はんだ組成物（たとえば、はんだ合金とバインダーとを含有するはんだペースト）をフリップチップ上に選択的に付着させ、次いで溶融物質が凝集してチップの表面上にはんだバンプを形成するよう、はんだ物質をその液相線温度より高い温度に加熱することによりはんだ物質をリフローさせることによって形成される。固化させた後、はんだバンプを対応する導体で基板上に正確にレジスター（register）することができ、そしてチップを基板に結合するために、またフリップチップ回路を導体パターンに相互連結させるために、はんだ物質の液相線温度より高い温度で再加熱することができる。はんだバンプを形成させるためにはんだをリフローし、そしてそのあとでフリップチップを実装するためにはんだをリフローする温度をリフロー温度と呼ぶ。

【0003】 エレクトロニクス業界では、環境面で問題があることから鉛含有物質の使用制限が求められている。さらに、鉛含有バンプ合金によって放出される α 粒子のために、ある種のフリップチップデバイスに対しては信頼性の面で重大な懸念がある。鉛含有合金は通常、ある特定量の鉛同位体（たとえば、Pb-210またはPb-214）を含有する。これらの同位体は、極めて高コストのレーザープラズマ同位体分離法を使用しなければ、典型的な鉛金属精錬プロセス時において除去するのはかなり難しい。これらの同位体は化学的に不安定であり、通常の放射性崩壊プロセス時に α 粒子を放出する。Pb-210とPb-214の放射性崩壊により放出される α 粒子は、それぞれ最大5.4MeVと7.8MeVのエネルギーを搬送することができる。5MeVの α 粒子は、最大25マイクロメートルのケイ素を透過することができ、また140万の電子空孔対を生成することができる。もし電子空孔の堆積が回路（たとえば、DRAM中のセル）に対する臨界電荷を越えれば、デバイスのメモリーセクションにおいてソフトエラーが起こるであろう。高純度のPb非含有合金は通常、重量元

素を含有せず、したがって放射性同位体を含まない。

【0004】Sn-52In、Bi-42Sn、Sn-20In-2.8Ag、Sn-3Ag-2Bi、Sn-5Ag、Sn-8.5Sb、Sn-1Cu、Sn-3.5Ag、Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb、Sn-4.8Bi-3.4Ag、Sn-9Zn、およびSn-8.8In-7.6Znを含めて、多くの市販のPb非含有合金がある。しかしながら、これらの合金のいずれもが、積層基板上にフリップチップが存在するような自動車用途に対する要件に適合しない。合金の多くはビスマス含有する。ビスマスは環境にはやさしいものの、除去するのが困難な放射性同位体含有する。したがってビスマス含有合金は、 α 粒子によって信頼性が悪化される可能性があるため、一般にはフリップチップパッケージング用途には適していない。

【0005】自動車用途に対する典型的な要件は、長時間にわたって150°Cの接合温度に耐えることである（たとえば、150°Cにて2000時間の連続作動）。こうした要件により、約170°C未満の固相線温度を有するPb非含有合金（たとえば、Sn-52In、Bi-42Sn、およびSn-20In-2.8Agなど）が全て除外される。Sn-20In-2.8Ag合金の報告されている固相線温度は約175°Cであるけれども、この合金は、約120°Cの融点を有するIn/Sn共融相が存在するために、-50°C/+150°C熱サイクル試験に合格していない。したがって、120°Cがこの合金の有効固相線温度である。

【0006】コスト節減のために、約225°C～約240°Cというピークリフロー温度を有する典型的な共融成分リフロープロセスを使用して、他のSM成分と共にフリップチップを積層基板上に直接実装することが検討されている。この場合においては、フリップチップが他の標準的なSM成分として処理され、ある種の共融点Sn/Pb成分のリフローにより基板に取り付けられる。この作業では、約200°C以下の液相線温度を有する合金が必要とされ、Sn-9ZnとSn-8.8In-7.6Znは別として、他の上記のPb非含有合金は除外される。最後の2種の合金を使用して形成されるはんだペーストは、よく知られているように亜鉛が酸化を受けやすいことから、加工するのが極めて難しい。こうした酸化という問題は解決するのが難しく、パンプの悪化や基板実装物の収率悪化を招く。

【0007】したがって、150°Cという最高IC接合温度を含む用途に高い信頼性で耐えることができ、しかも240°C未満のピークリフロー温度にて他のSM成分と共に積層基板に実装できるようなはんだジョイントを形成することのできる鉛非含有はんだ組成物が求められている。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、表面実装(SM)集積回路(IC)デバイス（たとえばフリップチップ）のはんだジョイントを形成するのに適した鉛非含有のはんだ合金が提供される。本発明のはんだ合金は、240°C以下の温度にて望ましいリフロー特性を達成するの

に十分に低い液相線温度を有し、したがって典型的な積層回路基板実装プロセスに適合する。本発明のはんだ合金は、構成成分を積層基板に実装したときに、本発明のはんだ合金によって形成されたはんだジョイントが、最高150°Cの適用温度にて適切な機械的特性を確実に示すよう、十分に高い固相線温度を有する。

【0009】一般には、本発明のはんだ合金は、約7～約11重量%のインジウム、約2.5～約3.5重量%の銀、および約0.5～約1.5重量%の銅を含有する鉛非含有の錫ベース合金であり、このとき残部が錫と付随的な不純物であるのが好ましい。上記の組成を有する合金は、最高150°Cの適用温度にて適切な機械的特性を示しつつ、200°C未満の固相線温度と液相線温度を有することを特徴とする。したがって、本発明のはんだ合金は、フリップチップが実装される積層基板上の他の構成成分に熱的に損傷を与えないよう、十分に低い温度でリフローすることができ、しかも厳しい熱的環境において増大した信頼性を示すはんだジョイントが形成される。

【0010】本発明の他の目的と利点は、以下の詳細な説明を読めば明らかとなろう。本発明のはんだ合金は、一般的には、当業界に公知の仕方ではんだパンプを形成するために、はんだペーストの形態にて表面実装(SM)集積回路(IC)デバイス（たとえばフリップチップ）上に付着させるべく意図されたタイプのはんだ合金である。本発明によれば、はんだ合金は200°C未満の固相線温度と液相線温度を有し、したがってこのはんだ合金は、フリップチップと同じ基板の他の構成成分に損傷を与えない温度にてリフローすることができる。本発明のはんだ合金はさらに、最高150°Cの適用温度で正常な機能を持続するよう、適切な機械的特性を示すはんだジョイントをもたらす。

【0011】本発明のはんだ合金は、一般には、約221°Cの融点を有する共融Sn-3.5Agはんだ合金をベースとしている。このベース合金に対し、ベース合金の融点より低い固相線温度と液相線温度を有する非共融合金が得られるよう変性を施す。本発明によれば、このためにはベース合金に約7～約11重量%のインジウムを加えるのが好ましく、この結果、約200°Cの液相線温度を有する変性合金が得られる。しかしながらこの場合、合金は、約120°Cで融解するインジウム-錫共融混合物を示す。本発明では、銅の添加量を抑えてIn-Sn共融混合物の形成を少なくする（銅が存在すると、合金の液相線温度が200°C未満に低下する）。たとえば、In-Sn共融混合物は、約89.1重量%のSn-3.5Ag合金（すなわち、はんだ合金が約86%の錫と約3.1%の銀を含有する）、約9.9%のインジウム、および約1%の銅を含有するはんだ合金組成物にすると、突発的に除去される。このはんだ合金の液相線温度は約197°Cである。

【0012】本発明によれば、本発明の望ましい特性を示すはんだ合金は、約7～約11重量%のインジウム、約

2.5～約3.5重量%の銀、および約0.5～約1.5重量%の銅を含有し、このとき残部は、実質的に錫（たとえば約84～約90重量%の錫）と付随的な不純物であるのが好ましい。このような合金は、約189℃の固相線温度と約197℃の液相線温度を有する。銀と銅に対するより好ましいレベルは、約3～3.5重量%の銀および0.9～1.0重量%の銅である。本発明のはんだ合金に対する好ましい公称組成は、85.8重量%の錫、10重量%のインジウム、3.2重量%の銀、および1重量%の銅である。

【0013】上記の説明から、適切なバインダーと本発明のはんだ合金とを含有するはんだペーストを、約230℃～約240℃のリフロー温度にてリフローして表面実装デバイス（たとえばフリップチップ）上にはんだバンプを形成でき、これは63Sn-37Pb成分のはんだジョイントを使用する積層基板集成プロセスと適合する、ということがわかる。当業界には公知のことであるが、第2のリフロー操作により、はんだバンプが回路基板上の対応する導体に冶金学的に結合され、最高150℃まで温度にて望ましい機械的強度（耐熱サイクル疲労性を含めて）を示すはんだジョイントが形成される。この結果、本発明のはんだ合金により、厳しい熱的環境にさらされる基板にフリップチップを確実に実装することができる。

【0014】本発明の評価に際しては、下記の組成を有する4種のはんだ合金を評価した。

合金A	87.8Sn-8.0In-3.2Ag-1.0Cu
合金B	87.3Sn-8.0In-3.2Ag-1.0Cu-0.5Sb
合金C	85.8Sn-10.0In-3.2Ag-1.0Cu
合金D	85.3Sn-10.0In-3.2Ag-0.5Sb

これら組成のそれぞれに関し、0.250×0.250インチ（約6.35×6.35mm）の試験チップと0.500×0.500インチ（約12.7×12.7mm）の試験チップ上に、18ミルピッチ（約0.46mm）のはんだバンプを形成させた。230℃のピーク温度を有する63Sn-37Pbリフロープロフィールを使用し、セラミック基板に対し余盛不足（underfill）のない状態で小さめのチップを集成し、また積層基板に対し余盛不足のある状態で大きめのチップを集成した。

【0015】次いで小さめのチップを、-50℃～+150℃での熱サイクルによって信頼性試験して、バンプ合金の相対的な熱疲労寿命（RTFL）を決定した。比較のため、63Sn-37Pb合金と、市販の鉛非含有合金である Sn-

3.5Ag、Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb、Sn-5Sb、Sn-8.5Sb、およびSn-20In-2.8Agとを使用して、同一のチップを同一のセラミック基板に結合した。鉛非含有のはんだバンプを有する全てのチップのRTFLを、63Sn-37Pb試験片の平均疲労寿命との比較で下記に示す。63Sn-37Pb試験片がベースライン値1.0として指定されている。

【0016】

合金A	1.1
合金B	0.8
合金C	1.5
合金D	1.3
63Sn-37Pb	1.0
Sn-3.5Ag	0.5
Sn-2.5Ag-0.8Cu-0.5Sb	0.8
Sn-5Sb	0.4
Sn-8.5Sb	0.5
Sn-20In-2.8Ag	0.3

上記の説明から、本発明にしたがって作製した合金AとCは、市販の全ての鉛非含有合金および業界標準の63Sn-37Pb合金より性能が優れていることがわかる。合金Bは合金Aほどの、また合金Dは合金Cほどの性能は示さなかった。合金BとDは、それぞれ合金AとCの組成をベースとしているが、0.5重量%のアンチモンが添加されている。このことから、本発明にしたがって作製されたはんだ合金の疲労寿命に対してはアンチモンが有害である、と結論づけた。しかしながら、合金BとDは、鉛非含有合金と少なくとも同等程度の性能を示し、合金Dは鉛非含有合金と63Sn-37Pb合金より性能が優れていた。

【0017】合金AとCを使用して積層基板に実装された各0.500×0.500チップの40個を、-40℃～+125℃での熱サイクルによって評価した。1000サイクルが完了した時点で破損が起こらなかったことから、積層基板への自動車用途向けバンプ合金の信頼性が確認された。試験結果によれば、チップは全て1750サイクルを完了した時点で破損が起こらず、合金Aの試験片は、3000サイクルが完了するまではいかなる破損も受けなかった。

【0018】好ましい実施態様に関して本発明を説明してきたが、当業者にとっては他の態様も可能である。したがって、本発明の範囲は、特許請求の範囲によってのみ規定されるものである。

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テマコード（参考）

// H 0 1 L 23/12

H 0 1 L 23/12

L

(72)発明者 カートイス・ウェイン・メルチャー
アメリカ合衆国インディアナ州46901, コ
コモ, サウス・インディアナ・アベニュー
114

(72)発明者 ブラッドリー・ハワード・カーター
アメリカ合衆国インディアナ州46902, コ
コモ, ウェスト・アルト・ロード 701
Fターム(参考) 5E319 BB01 BB10
5F047 BA06 BA15 BA17 BA19 BB04
BB18